

RU 2 165 531 C1

## CLAIMS

A geared-rotor mechanism of a screw downhole motor, comprising:

a stator having the inner screw-type gears made of a resilient-elastic material, for example - made of rubber; and

a rotor having outer screw-type gears whose number is by one less than that of the stator's gears;

the rotor axis being offset with respect to the stator axis by the eccentricity value, which value is half of the gears' radial height;

profiles of the rotor's outer gears and those of the stator's inner gears are adapted to be mutually enveloped in the end-face section; and

leads of the rotor's and stator's screw-type gears being proportional to their numbers of gears;

characterized in that

in the end-face section, that is perpendicular to axis  $O_2O_2$  of the geared-rotor mechanism, thickness  $C^t$  of the stator's gear across the average diameter  $D_{cp}$  of the gears, and circular pitch  $S_t$  of these gears have the following relationship

$$C_t/S_t = 0.45 - 0.65$$

and thickness  $C_N$  of the stator's gear across the average diameter  $D_{cp}$  in the normal section  $N - N$ , that is perpendicular to direction of helical line  $M - M$  of the stator's gear, and radial height  $h$  of the stator's gear have the following relationship

$$C_N/h \geq 1.75.$$



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 165 531** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>7</sup> **F 01 C 1/16, 5/04, E 21 B 4/02**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 2000108941/06, 12.04.2000

(24) Дата начала действия патента: 12.04.2000

(43) Дата публикации заявки: 20.04.2001

(46) Дата публикации: 20.04.2001

(56) Ссылки: SU 926209 A, 07.05.1982. RU 2075589  
C1, 20.03.1997. RU 2144618 C1, 20.01.2000.  
US 3912426 A, 14.10.1975. GB 2084254 A,  
07.04.1982. FR 2349729 A, 30.12.1977.

(98) Адрес для переписки:  
614022, г. Пермь, ул. Карпинского 24,  
Пермский филиал ВНИИБТ ОАО НПО "Буровая  
техника"

(71) Заявитель:  
Открытое акционерное общество  
Научно-производственное объединение  
"Буровая техника"

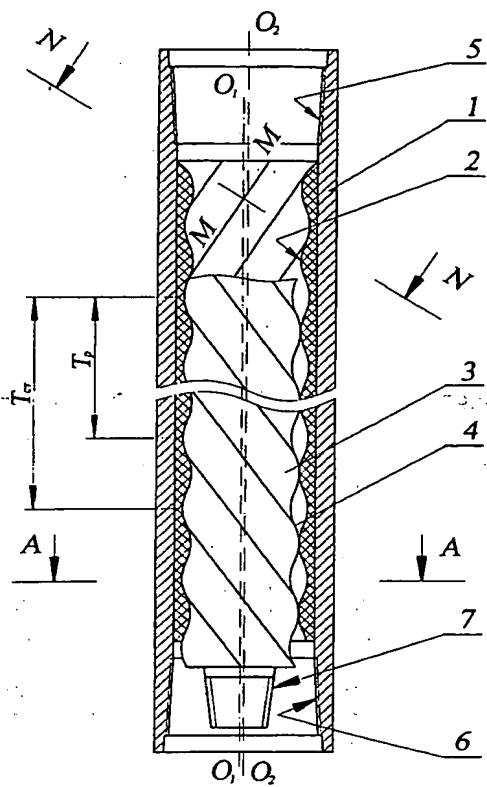
(72) Изобретатель: Кочнев А.М.,  
Коротаев Ю.А., Бобров М.Г., Цепков  
А.В., Суслов В.Ф.

(73) Патентообладатель:  
Открытое акционерное общество  
Научно-производственное объединение  
"Буровая техника"

(54) **ГЕРОТОРНЫЙ МЕХАНИЗМ ВИНТОВОГО ЗАБОЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к героторным механизмам винтовых забойных двигателей для бурения нефтяных и газовых скважин и может быть использовано также в винтовых насосах для добычи нефти и перекачивания жидкости. Героторный механизм винтового забойного двигателя содержит статор с внутренними винтовыми зубьями, выполненными из упругоэластичного материала, и ротор с наружными винтовыми зубьями, число которых на единицу меньше числа зубьев статора. Профили наружных винтовых зубьев ротора и внутренних винтовых зубьев статора в торцевом сечении выполнены взаимогнбаемыми. Ходы винтовых зубьев ротора и статора пропорциональны их числам зубьев. В торцевом сечении, перпендикулярном оси  $O_2O_2$  героторного механизма, толщина  $S_t$  зуба статора по среднему диаметру зубьев и окружной шаг  $S_t$  этих зубьев связаны соотношением  $C_t/S_t = 0,45 - 0,65$ . В нормальном сечении  $N - N$ , перпендикулярном направлению винтовой линии  $M - M$  зуба статора, толщина  $C_N$  зуба 2 статора 1 по среднему диаметру  $D_{cp}$  зубьев и радиальная высота  $h$  зуба статора связаны соотношением  $C_N/h \geq 1,75$ . Повышаются энергетические характеристики, надежность и долговечность. 3 ил.



Фиг. 1



(19) **RU** (11) **2 165 531** (13) **C1**  
 (51) Int. Cl.<sup>7</sup> **F 01 C 1/16, 5/04, E 21 B 4/02**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2000108941/06, 12.04.2000

(24) Effective date for property rights: 12.04.2000

(43) Application published: 20.04.2001

(46) Date of publication: 20.04.2001

(98) Mail address:  
 614022, g.Perm', ul. Karpinskogo 24,  
 Permskij filial VNIIBT OAO NPO "Burovaja  
 tekhnika"

(71) Applicant:  
 Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo  
 Nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie  
 "Burovaja tekhnika"

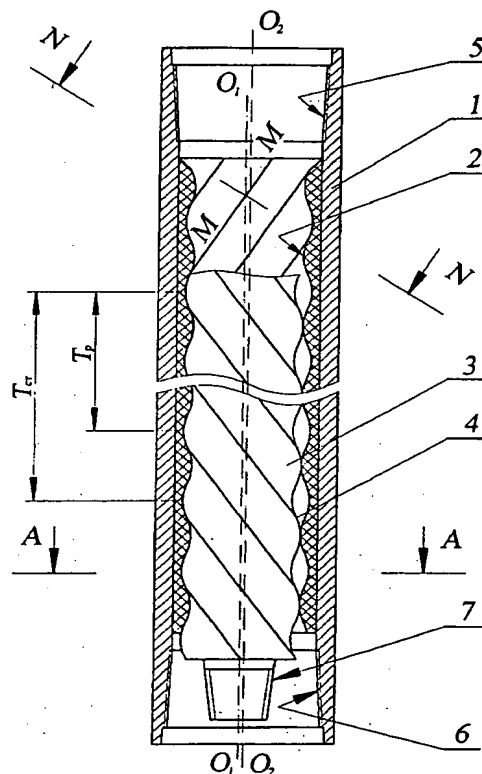
(72) Inventor: Kochnev A.M.,  
 Korotaev Ju.A., Bobrov M.G., Tsepkov  
 A.V., Suslov V.F.

(73) Proprietor:  
 Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo  
 Nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie  
 "Burovaja tekhnika"

## (54) DOWNHOLE SCREW MOTOR GEARED-ROTOR MECHANISM

(57) Abstract:

FIELD: oil gas industries; well drilling.  
 SUBSTANCE: invention can be used also in screw pumps for recovery of oil and transfer of liquids. Geared-rotor mechanism of downhole screw motor has stator with internal helical teeth made of elastic material and rotor with external helical teeth whose number is less than that of stator teeth by one. Profiles of external helical teeth of rotor and internal helical teeth of stator are made relatively envelopable in end face section. Leads of helical teeth of rotor and stator are proportional to their teeth number. Thickness  $C_t$  of stator tooth in pitch diameter of teeth and peripheral pitch  $S_t$  of teeth in end face section perpendicular to axis  $O_1O_2$  of geared-rotor mechanism are related by equation  $C_t/S_t = 0,45 \pm 0,65$ . In normal section N-N perpendicular to direction of helix M-M of stator tooth, thickness  $C_N$  of tooth 2 of stator 1 in pitch diameter  $D_p$  of teeth and radial height  $h$  of stator tooth are related by equation  $C_N/h \geq 1,75$ . EFFECT: improved performance characteristics, reliability and increased service life.



Фиг. 1

Изобретение относится к технике строительства скважин, а именно к героторным механизмам винтовых забойных двигателей для бурения нефтяных и газовых скважин, и может быть использовано также в винтовых насосах для добычи нефти и перекачивания жидкости.

Известен многозаходный винтовой героторный механизм винтового забойного двигателя (см. авт. свид. N 436944, опубл. БИ N 27 за 1974 г.), содержащий рабочие органы в виде статора с внутренними винтовыми зубьями из упругоэластичного материала, например из резины, и ротора с наружными винтовыми зубьями, число которых на единицу меньше, чем у статора. Ось ротора смещена относительно оси статора на величину эксцентриситета, равную половине высоты зуба. Профили зубьев ротора и статора построены с использованием внецентроидного гипоциклоидального зацепления. Для создания минимального контактного давления в паре "ротор - статор" рабочие органы выполнены с отношением величины эксцентриситета зацепления к радиусу впадины зуба статора 0,3 - 0,85 и с отношением эксцентриситета зацепления к радиусу подвижной начальной окружности 0,9 - 0,98.

Недостатком многозаходного винтового героторного механизма винтового забойного двигателя является то, что при оценке минимального контактного давления не учитывался пространственный характер винтового зацепления, в результате чего при малых значениях хода винтовой линии статора возникали условия, приводящие к самоторможению механизма.

Указанный недостаток частично устранен в известном героторном механизме винтового забойного двигателя (см. патент СССР 926209, опубл. 07.05.82; БИ N 17), имеющем рабочие органы, содержащие статор с внутренними винтовыми зубьями из упругоэластичного материала и ротор с наружными винтовыми зубьями, число которых на единицу меньше, чем у статора. Ось ротора смещена относительно оси статора на величину эксцентриситета, равную половине радиальной высоты зубьев. Профили наружных зубьев ротора и внутренних зубьев статора в торцовом сечении выполнены взаимногибемыми, а ходы винтовых зубьев ротора и статора пропорциональны их числам зубьев. Для исключения явления самоторможения в механизме и улучшения его пусковых характеристик шаг  $t$  винтовой поверхности рабочего органа и средний диаметр  $D_{ср}$  винтовой поверхности рабочего органа связаны соотношением  $t/D_{ср} = 5,5 - 12$ .

Вышеуказанный героторный механизм удовлетворительно работает в винтовом забойном двигателе во всех режимах, кроме режима, близкого к тормозному. Как показали многочисленные стендовые испытания, в режиме работы двигателя, близком к тормозному, изгибная жесткость зуба статора, подверженного действию окружных сил и перепада давления, оказывалась недостаточной для обеспечения нормальной работы механизма, так как под действием перепада давления и окружных сил зубья статора получали чрезмерную деформацию и происходило "заклинивание" зубьев ротора

сдеформированными зубьями статора, что приводило к полному торможению двигателя. При этом развиваемый двигателем вращающий момент при полной остановке двигателя оказывался ниже, чем в фазе, предшествующей моменту остановки. Если после остановки двигателя нагрузочный момент от тормоза снимался без выключения насосов, то двигатель вновь не запускался. Если же насосы выключались, то при их повторном включении запуск двигателя происходил беспрепятственно. Это свидетельствует о реальности описанного механизма заклинивания ротора зубьями статора. Анализ экспериментальных данных показал, что чрезмерная изгибная деформация зубьев статора приводит к снижению энергетической характеристики, надежности и долговечности героторного механизма и является следствием неудовлетворительных соотношений геометрических параметров профиля зубьев статора.

Задачей настоящего изобретения является создание героторного механизма винтового забойного двигателя, в котором устранены указанные недостатки и который обеспечивает повышение энергетической характеристики, надежности и долговечности за счет повышения изгибной жесткости зубьев статора.

Поставленная задача решается за счет того, что в известном героторном механизме винтового забойного двигателя, содержащем статор с внутренними винтовыми зубьями, выполненными из упругоэластичного материала, например из резины, и ротор с наружными винтовыми зубьями, число которых на единицу меньше числа зубьев статора, причем ось ротора смещена относительно оси статора на величину эксцентриситета, равную половине радиальной высоты зубьев, профили наружных зубьев ротора и внутренних зубьев статора в торцовом сечении выполнены взаимногибемыми, а ходы винтовых зубьев ротора и статора пропорциональны их числам зубьев, согласно изобретению в торцовом сечении, перпендикулярном оси героторного механизма, толщина  $C_t$  зуба статора по среднему диаметру  $D_{ср}$  зубьев и окружной шаг  $S_t$  этих зубьев связаны соотношением:

$$C_t/S_t = 0,45 - 0,65,$$

а толщина  $C_N$  зуба статора по среднему диаметру  $D_{ср}$  зубьев в нормальном сечении, перпендикулярном направлению винтовой линии зуба статора на этом же диаметре, и радиальная высота  $h$  зуба статора связаны соотношением:

$$C_N/h \geq 1,75$$

Выполнение отношения  $C_t/S_t = 0,45 - 0,65$  обеспечивает форму зуба статора в торцовом сечении, оптимальную с точки зрения восприятия изгибных нагрузок, действующих со стороны ротора, и в то же время обеспечивает благоприятную форму зуба ротора для передачи контактных нагрузок.

При выполнении отношения  $C_t/S_t$  меньше 0,45 толщина зуба статора уменьшается и становится недостаточной для восприятия окружных сил, действующих со стороны ротора.

Если отношение  $C_t/S_t$  больше 0,65, то это

приводит к получению заостренного зуба ротора с малым радиусом кривизны у вершины зуба, что приводит к увеличению контактных напряжений в зацеплении и повышенному износу зубьев.

Выполнение зуба статора в нормальном сечении, перпендикулярном направлению винтовой линии зуба, с отношением  $C_N/h \geq 1,75$  определяет повышение устойчивости зуба статора к изгибу под действием перепада давления.

Если отношение  $C_N/h < 1,75$ , то изгибная жесткость зуба статора при его деформировании под действием перепада давления становится недостаточной для устойчивой работы винтового героторного механизма в режиме, близком к тормозному.

На фиг. 1 показан героторный механизм винтового забойного двигателя в продольном разрезе; ротор частично оборван для показа направления винтовых зубьев статора; на фиг. 2 приведено поперечное сечение героторного механизма винтового забойного двигателя по линии А - А;

на фиг. 3 приведен в увеличенном масштабе профиль зуба статора в торцевом сечении А-А, перпендикулярном оси механизма, совмещенный с профилем зуба статора в нормальном сечении N-N, перпендикулярном направлению винтовой линии зуба.

Героторный механизм винтового забойного двигателя (фиг. 1 и 2) содержит статор 1 с внутренними винтовыми зубьями 2, выполненными из упругоэластичного материала, например из резины, и ротор 3 с наружными винтовыми зубьями 4, число которых  $Z_p$  на единицу меньше числа  $Z_{ст}$  внутренних винтовых зубьев 2 статора 1. Ось  $O_1O_1$  ротора 3 смещена относительно оси  $O_2O_2$  статора 1 на величину эксцентриситета  $E$ , равную половине радиальной высоты  $h$  зубьев 2 и 4. Профили наружных винтовых зубьев 4 ротора 3 и внутренних винтовых зубьев 2 статора 1 в торцевом сечении выполнены взаимогнбаемыми. Взаимогнбаемость профилей зубьев 4 и 2 соответственно ротора 3 и статора 1 может быть достигнута, например, выполнением профиля зубьев 2 статора 1 по эквидистанте укороченной гипоциклоиды, а профиль зубьев 4 ротора 3 при этом образуется как гнбающая профиля зубьев 2 статора 1 при качении без скольжения центроиды статора радиуса  $a = EZ_{ст}$  по центроиде ротора радиуса  $b = E Z_p$ . Ход  $T_p$  винтовой линии зубьев 4 ротора 3 и ход  $T_{ст}$  винтовой линии зубьев 2 статора 1 пропорциональны числам зубьев этих элементов  $Z_p$  и  $Z_{ст}$ . Может быть использован и иной метод формообразования зубьев 2 и 4 статора 1 и ротора 3, например, от исходного контура циклоидальной рейки по дугам окружностей или другие методы, обеспечивающие взаимогнбаемость профилей.

В торцевом сечении героторного механизма (фиг. 3), перпендикулярном оси  $O_2O_2$  героторного механизма, толщина  $C_t$  зуба 2 статора 1 по среднему диаметру  $D_{ср}$  зубьев 2 и окружной шаг  $S_t$  этих зубьев связаны соотношением:

$$C_t/S_t = 0,45 \div 0,65.$$

В нормальном сечении N - N, перпендикулярном направлению винтовой линии M - M зуба 2 статора 1, толщина  $C_N$  зуба 2 статора 1 по среднему диаметру  $D_{ср}$  зубьев 2 и радиальная высота  $h$  ( $h = 2E$ ) зуба 2 статора 1 связаны соотношением:

$$C_N/h \geq 1,75.$$

В верхней части статор 1 снабжен резьбой 5 для присоединения к колонне буровых труб (не показаны), в нижней части статор 1 снабжен резьбой 6 для соединения с корпусом опорного узла (последний не показан), а ротор 3 резьбой 7 соединен с валом опорного узла (не показан).

Героторный механизм винтового забойного двигателя работает следующим образом. Промывочная жидкость, подаваемая с поверхности по колонне буровых труб, поступает в верхнюю часть героторного механизма, и в результате винтового направления зубьев 2 и 4 статора 1 и ротора 3 под действием неуравновешенных гидравлических сил ротор 3 приводится во вращение, при этом его ось  $O_1O_1$  вращается вокруг оси  $O_2O_2$  статора 1 против часовой стрелки по окружности радиуса  $E$ , а сам ротор 3 поворачивается относительно своей оси  $O_1O_1$  по часовой стрелке с уменьшенной в  $Z_p$  раз угловой скоростью. Окружная сила, соответствующая развиваемому крутящему моменту, воспринимается эластомерными зубьями 2 статора 1 в меру их изгибной жесткости в торцевом сечении, определяемой отношением толщины  $C_t$  зуба 2 статора 1 по среднему диаметру  $D_{ср}$  зубьев 2 к окружному шагу  $S_t$ , которое находится в пределах (0,45 - 0,65). Зубья 2 статора 1 подвергаются также действию межвиткового перепада давления и способность зубьев 2 противостоять деформациям от действия давления определяется отношением толщины  $C_N$  зуба 2 статора 1 по среднему диаметру  $D_{ср}$  зубьев 2 в нормальном сечении N - N, перпендикулярном направлению винтовой линии M - M зуба 2 статора 1, к радиальной высоте  $h$  зуба 2 статора 1 ( $C_N/h \geq 1,75$ ).

Как показали экспериментальные исследования, при выполнении зубьев 2 статора 1 в соответствии с вышеуказанными соотношениями за счет повышения изгибной жесткости зубьев героторный механизм винтового забойного двигателя имеет повышенные КПД и эффективную мощность, а случаи незапуска двигателя после его полного торможения отсутствуют.

### Формула изобретения:

Героторный механизм винтового забойного двигателя, содержащий статор с внутренними винтовыми зубьями, выполненными из упруго-эластичного материала, например из резины, и ротор с наружными винтовыми зубьями, число которых на единицу меньше числа зубьев статора, причем ось ротора смещена относительно оси статора на величину эксцентриситета, равную половине радиальной высоты зубьев, профили наружных зубьев ротора и внутренних зубьев статора в торцевом сечении выполнены взаимогнбаемыми, а ходы винтовых зубьев ротора и статора пропорциональны их числам зубьев, отличающийся тем, что в торцевом

сечении, перпендикулярном оси  
 $O_2O_2$  героторного механизма, толщина  
 $C_t$  зуба статора по среднему диаметру  
 $D_{cp}$  зубьев и окружной шаг  $S_t$  этих зубьев  
 связаны соотношением  
 $C_t/S_t = 0,45 - 0,65$ ,

а толщина  $C_N$  зуба статора по среднему  
 диаметру  $D_{cp}$  зубьев в нормальном сечении  $N$   
 -  $N$ , перпендикулярном направлению винтовой  
 линии  $M - M$  зуба статора, и радиальная  
 высота  $h$  зуба статора связаны соотношением  
 $C_N/h \geq 1,75$ .

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

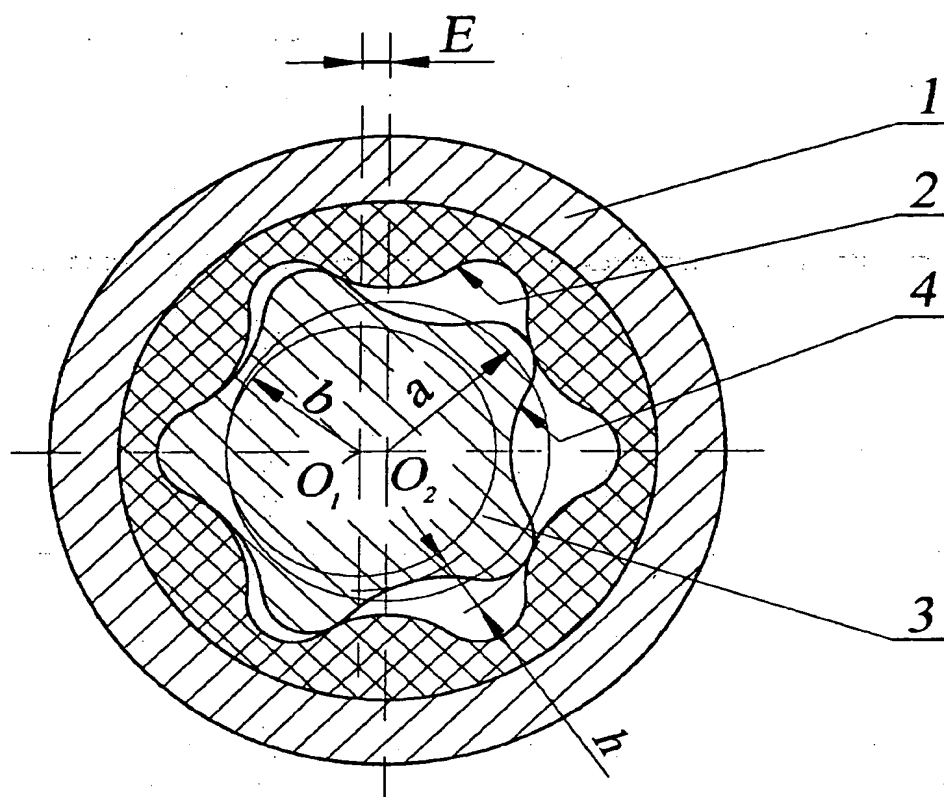
60

-6-

RU 2165531 C1

RU 2165531 C1

A - A

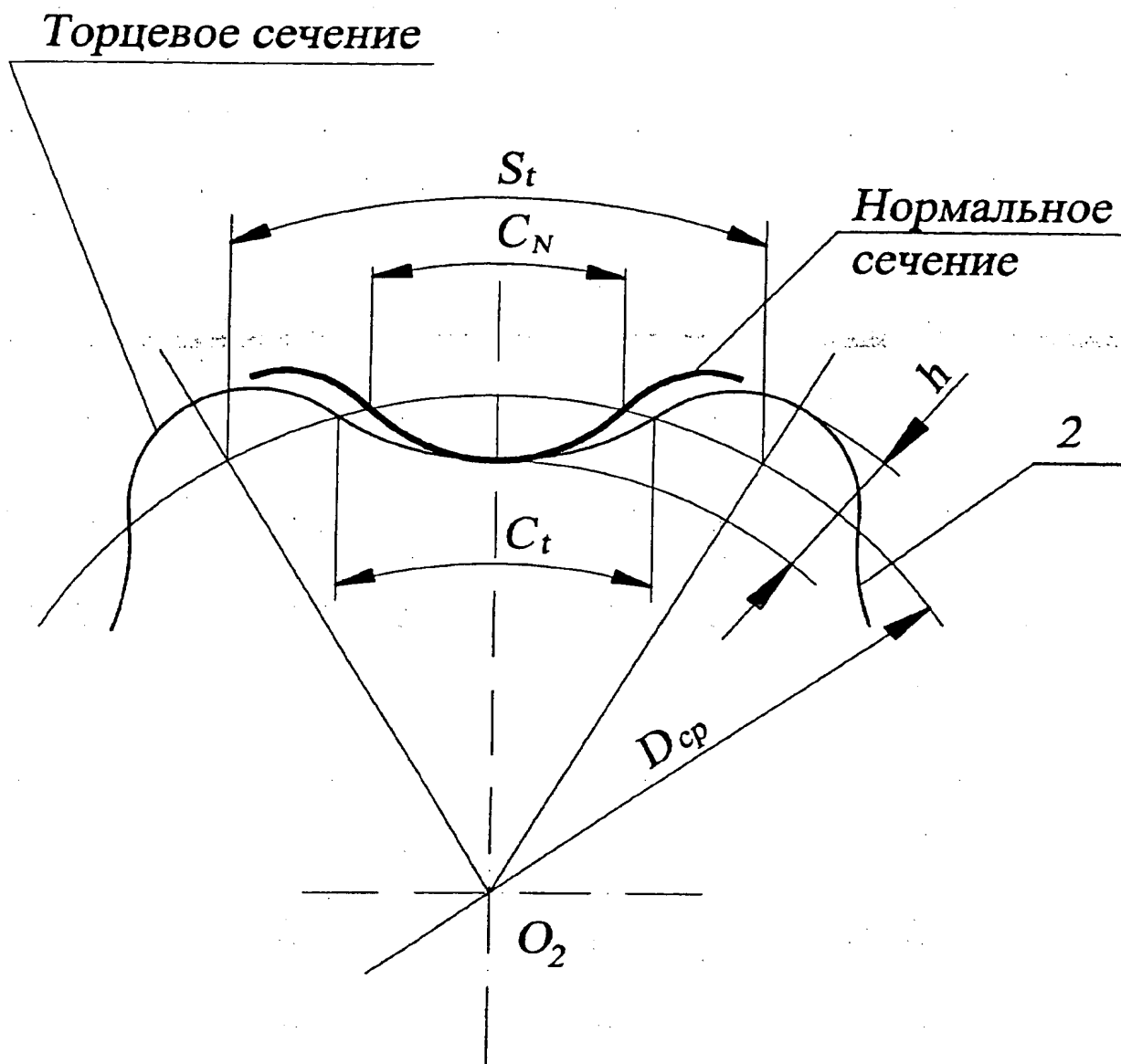


Фиг. 2

RU 2165531 C1

RU 2165531 C1





Фиг. 3